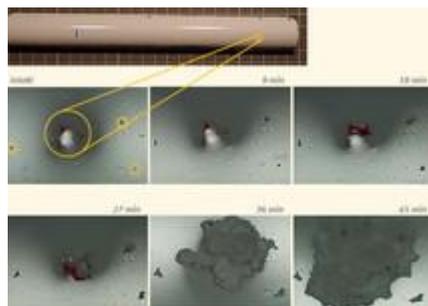




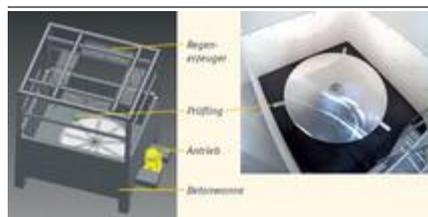
Erst erodiert die Schutzschicht, dann setzt sich die Materialzerstörung tiefer im Blattaufbau fort  
 © Seilpartner Windkraft GmbH

## Regen nagt am Rotorblatt

Regen und andere Wetter- und Umweltfaktoren setzen den Rotorblättern von Windenergieanlagen auf Dauer zu. Besonders anfällig für Schäden sind die Vorderkanten der Flügel. Hier erodiert zuerst die Schutzschicht und anschließend setzt sich die Materialzerstörung tiefer im Blattaufbau fort. Auf einem neuen Teststand werden jetzt die Mechanismen dieser Regenerosion genau untersucht. Ziel ist, künftig Rotorblätter besser zu schützen, um sie länger nutzen zu können, und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlagen zu verbessern.



Beispiel eines Schadensverlaufs aufgrund eines kleinen Produktionsfehlers durch ein eingeschlossenes Staubeilchen, Maßstab 500 µm  
 © Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik



Im Teststand zur Regenerosion lassen sich u. a. Geschwindigkeit, Tropfengröße, Wassermenge sowie Wetter- und Klimabedingungen variieren. Der Teststand hat eine Grundfläche von 3,3 x 3,8 m bei einer Höhe von 4,5 m. Die Probenkörper haben eine Länge von 25 cm und eine Höhe von 3 cm.  
 © Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

Auf Windenergieanlagen wirken neben dem Wind noch viele andere Kräfte ein. Beispielsweise hinterlassen Regentropfen, Hagel oder Sandkörner, die mit hoher Geschwindigkeit und damit mit hoher Energie auf die Rotorblätter auftreffen, deutliche Spuren. Die Blätter erhalten dagegen einen speziellen Schutzanstrich und manchmal wird die Vorderkante, die besonderen Belastungen ausgesetzt ist, zusätzlich mit einer Schutzfolie ausgerüstet. Dieser Schutz heißt Vorderkantenschutz oder Leading Edge Protection System (LEP). Fortan muss das Blatt dann Tag um Tag dem Einfluss von Witterung, Klima und UV-Licht widerstehen. Diese Belastungen nehmen durch die steigenden Geschwindigkeiten aufgrund neuentwickelter Blätter zu. Die Flügelspitzen eines 60 m langen Blatts erreichen im Betrieb eine Geschwindigkeit von mehr als 300 km/h. Bei diesem Tempo bleiben auch Kollisionen mit Wassertropfen auf Dauer nicht folgenlos. Diese Schadensmechanismen werden unter der Bezeichnung Regenerosion zusammengefasst. Welche Faktoren beteiligt sind und wie viel Gewicht den jeweiligen Einflüssen beizumessen ist, sollen die geplanten Untersuchungen zeigen.

In der wirtschaftlichen Bilanz von Windenergieanlagen schlagen sich die Schäden deutlich nieder. Die Erfahrungswerte für die durchschnittliche Lebensdauer der Kantenschutzsysteme (LEP) bei Anlagen an Land liegen bei vier bis sechs Jahren und offshore bei zwei bis vier Jahren. Allerdings schwanken diese Werte abhängig von den jeweiligen Standortbedingungen und der Qualität der Beschichtung deutlich. Besonders bei Offshore-Anlagen ist der Reparatur- und Wartungsaufwand überproportional hoch. Auf Basis von Daten der

Internationalen Energieagentur und aus dem EU-Forschungsvorhaben Erode wurde für einen Windpark mit 500 MW Leistung – beim heutigen Stand der Technik und bei einer Laufzeit von 25 Jahren – ein Verlust durch Leistungseinbußen und Reparaturen von 332 Mio. Euro errechnet. Das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) betreibt seit 2015 einen Teststand zur Regenerosion, um die Schadensverläufe nachzuvollziehen und Empfehlungen zu Materialien und Beschichtungen abgeben zu können. Dort können Materialproben unter realitätsnahen Wetter- und Klima-bedingungen mit Wassertropfen verschiedener Größe und variabler Menge kollidieren.

### Regenerosion bremst und lärmt

Regenerosion hat multifaktorielle Ursachen, wie Regen, Hagel, Sand, Eisansatz, Temperaturschwankungen, UV-Licht, Luftfeuchte und Salz, und ist kein linearer Prozess. Nach einer Phase des gleichmäßigen Abtrags der Schutzschicht am Blatt kann sich an einer Stelle – meist begünstigt durch kleine Produktionsschäden – ein kraterartiges Materialversagen bilden, das sich rasch ausbreitet. Je nach Standort differieren die Schadensverläufe erheblich. Offshore verlaufen sie etwa doppelt so schnell wie onshore.

Bei der Herstellung eines Rotorblatts werden in manueller Arbeit die beiden Halbschalen überwiegend aus Glasfaserverbundmaterialien und Epoxidharz in Formen gefertigt. Gurte und Wurzel des Blatts kommen meist als separate Bauteile hinzu, in seltenen Fällen auch die Vorderkante. Die beiden Halbschalen werden aufeinander gelegt und verklebt. Etwaige Fertigungstoleranzen werden durch Spachtelmasse ausgeglichen und anschließend wird das Blatt geschliffen und mit einem Speziallack gestrichen. Einige Hersteller versehen die Vorderkante noch mit einem Tape oder einer Folie. Im Anlagenbetrieb werden Rotorblätter etwa alle zwei Jahre von Industriekletterern inspiziert und kleine Schäden vor Ort behoben.

Die aerodynamische Leistungsfähigkeit eines Rotorblatts ist dann am besten, wenn die Windschicht das Flügelprofil überstreicht, ohne dass es zu Luftverwirbelungen (Turbulenzen) kommt. Dafür müssen die Oberflächen möglichst glatt sein. Bereits kleine Schäden durch Regenerosion bewirken raue Oberflächen und damit Turbulenzen. Dies verschlechtert die Aerodynamik des Blatts und damit Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer der gesamten Anlage. Außerdem erhöhen sich die Schallemissionen.